

Resumo Premium

Mecânica dos Fluidos

HIDRODINÂMICA

Preparação para Exames de Admissão UEM
Por: Alcino Pedro

Conteúdo

1	Introdução à Mecânica dos Fluidos e Hidrodinâmica	2
1.1	Diferença entre Líquidos e Gases	2
2	Vazão Volúmica ou Caudal	2
2.1	Definição e Conceito	2
2.2	Fórmula Geral da Vazão	2
2.3	Vazão para Escoamento Estacionário	3
3	Viscosidade	3
3.1	Conceito de Viscosidade	3
3.2	Visualização da Viscosidade	3
3.3	Influência da Viscosidade no Escoamento	4
4	Fluido Ideal	4
5	Princípio da Continuidade	4
5.1	Conceito Físico	4
5.2	Dedução da Equação da Continuidade	5
5.3	Equação da Continuidade	5
6	Princípio de Bernoulli	5
6.1	Introdução e Conceito	5
6.2	Dedução Conceptual	5
6.3	Equação de Bernoulli	6
6.4	Formas Alternativas da Equação	6
6.5	Aplicações do Princípio de Bernoulli	7
7	Exemplos Resolvidos	7
7.1	Exemplo 1: Aplicação da Continuidade	7
7.2	Exemplo 2: Aplicação de Bernoulli	8

1 Introdução à Mecânica dos Fluidos e Hidrodinâmica

A mecânica dos fluidos é o ramo da física que estuda o comportamento dos fluidos (líquidos e gases) em repouso e em movimento. A **hidrodinâmica**, especificamente, trata do estudo dos fluidos em movimento.

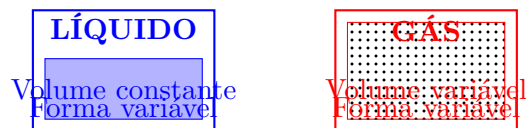
Definição

Fluido: Substância que se deforma continuamente sob a acção de uma tensão de corte, por menor que seja. Inclui líquidos e gases.

Características principais dos fluidos:

- Não possuem forma própria definida
- Assumem a forma do recipiente que os contém
- Podem escoar (fluir) de um local para outro
- Oferecem pouca resistência às forças de corte

1.1 Diferença entre Líquidos e Gases



2 Vazão Volúmica ou Caudal

2.1 Definição e Conceito

Definição

A **vazão volúmica** (ou caudal) é a quantidade de volume de fluido que atravessa uma secção transversal por unidade de tempo.

Símbolo: Q ou Φ

Unidade SI: metros cúbicos por segundo (m^3/s)

2.2 Fórmula Geral da Vazão

Fórmula Principal

Fórmula geral:

$$Q = \frac{V}{t}$$

onde:

- Q = vazão volúmica (m^3/s)
- V = volume de fluido (m^3)
- t = intervalo de tempo (s)

2.3 Vazão para Escoamento Estacionário

Para um escoamento estacionário (regime permanente), onde a velocidade do fluido é constante em cada ponto:

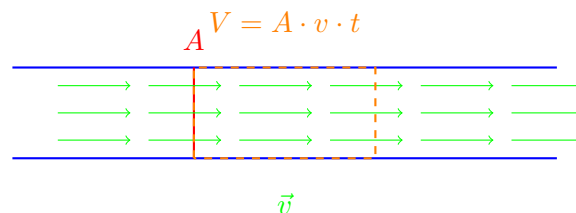
Fórmula Principal

Fórmula para escoamento estacionário:

$$Q = A \cdot v$$

onde:

- Q = vazão volúmica (m^3/s)
- A = área da secção transversal (m^2)
- v = velocidade média do fluido (m/s)



$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A \cdot v \cdot t}{t} = A \cdot v$$

3 Viscosidade

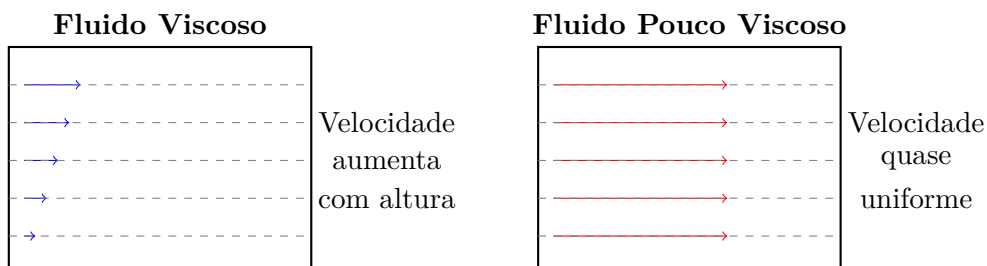
3.1 Conceito de Viscosidade

Definição

A **viscosidade** é a propriedade dos fluidos que caracteriza a sua resistência ao escoamento. É uma medida da resistência interna oferecida pelas camadas do fluido ao movimento relativo entre elas.

Unidade SI: pascal-segundo (Pa s) ou Ns/m^2

3.2 Visualização da Viscosidade



3.3 Influência da Viscosidade no Escoamento

Observação Importante

Efeitos da viscosidade:

- **Alta viscosidade:** O fluido escoa lentamente (ex: mel, óleo espesso)
- **Baixa viscosidade:** O fluido escoa facilmente (ex: água, álcool)
- A viscosidade diminui com o aumento da temperatura para líquidos
- A viscosidade aumenta com o aumento da temperatura para gases

4 Fluido Ideal

Definição

Um **fluido ideal** é um modelo teórico de fluido que possui as seguintes características:

- **Viscosidade nula** ($\eta = 0$): Não há atrito interno
- **Incompressível:** Densidade constante ($\rho = \text{constante}$)
- **Escoamento irrotacional:** Não há rotação das partículas
- **Não há turbulência:** Escoamento sempre laminar

Nota: Os fluidos reais aproximam-se do comportamento de um fluido ideal em certas condições.

Dica Prática

O conceito de fluido ideal simplifica significativamente os cálculos em hidrodinâmica e permite a aplicação directa dos princípios de continuidade e Bernoulli.

5 Princípio da Continuidade

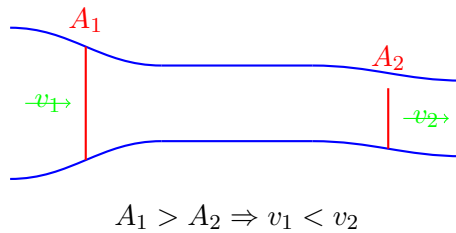
5.1 Conceito Físico

O Princípio da Continuidade baseia-se na **conservação da massa** para fluidos incompressíveis.

Observação Importante

Ideia fundamental: Para um fluido incompressível em escoamento estacionário, a quantidade de massa que entra numa região por unidade de tempo deve ser igual à quantidade que sai.

5.2 Dedução da Equação da Continuidade



5.3 Equação da Continuidade

Fórmula Principal

Princípio da Continuidade:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = Q = \text{constante}$$

ou de forma mais geral:

$$A \cdot v = \text{constante}$$

Significado físico:

- Onde a secção é menor, a velocidade é maior
- Onde a secção é maior, a velocidade é menor
- O produto $A \cdot v$ permanece constante ao longo do tubo

Dica Prática

Aplicação prática: Quando você tampa parcialmente a saída de uma mangueira com o dedo, a água sai com maior velocidade porque a área de saída diminuiu.

6 Princípio de Bernoulli

6.1 Introdução e Conceito

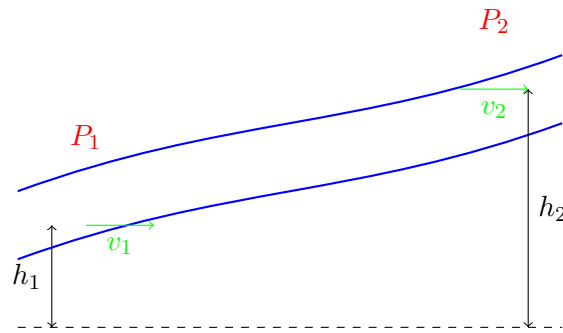
O Princípio de Bernoulli, formulado pelo físico suíço Daniel Bernoulli (1700-1782), é uma das leis fundamentais da mecânica dos fluidos.

Observação Importante

Base física: O princípio de Bernoulli é uma consequência da conservação da energia mecânica aplicada aos fluidos em movimento.

6.2 Dedução Conceptual

Para um fluido ideal escoando num tubo:



Conservação da Energia

Energia Cinética + Energia Potencial + Energia de Pressão = Constante

6.3 Equação de Bernoulli

Fórmula Principal

Equação de Bernoulli:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

ou de forma geral:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{constante}$$

Significado de cada termo:

- P = **Pressão estática** - energia por unidade de volume devido à pressão
- $\frac{1}{2}\rho v^2$ = **Pressão dinâmica** - energia cinética por unidade de volume
- $\rho g h$ = **Pressão hidrostática** - energia potencial por unidade de volume

6.4 Formas Alternativas da Equação

Fórmula Principal

Equação de Bernoulli dividida por ρg (em termos de alturas):

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

Significado dos termos:

- $\frac{P}{\rho g}$ = altura de pressão
- $\frac{v^2}{2g}$ = altura cinética
- h = altura geométrica

6.5 Aplicações do Princípio de Bernoulli

Observação Importante

Aplicações práticas importantes:

1. **Tubo de Venturi:** Medição de vazão
2. **Asa de avião:** Sustentação aerodinâmica
3. **Carburador:** Aspiração de combustível
4. **Chaminés:** Tiragem natural
5. **Torneira:** Variação de velocidade

7 Exemplos Resolvidos

7.1 Exemplo 1: Aplicação da Continuidade

Exemplo Prático

Problema: Água escoia numa tubagem horizontal. Numa secção, o diâmetro é 10 cm e a velocidade é 2 m/s. Numa segunda secção, o diâmetro é 5 cm. Determine a velocidade na segunda secção.

Resolução:

Dados:

- $d_1 = 10 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$
- $v_1 = 2 \text{ m/s}$
- $d_2 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$
- $v_2 = ?$

Passo 1: Calcular as áreas das secções

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi \times (0,10)^2}{4} = \frac{\pi \times 0,01}{4} = 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (1)$$

$$A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{\pi \times (0,05)^2}{4} = \frac{\pi \times 0,0025}{4} = 1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (2)$$

Passo 2: Aplicar o princípio da continuidade

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (3)$$

$$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2} = \frac{7,85 \times 10^{-3} \times 2}{1,96 \times 10^{-3}} \quad (4)$$

$$v_2 = \frac{15,7 \times 10^{-3}}{1,96 \times 10^{-3}} = 8 \text{ m/s} \quad (5)$$

Resposta: A velocidade na segunda secção é 8 m/s.

7.2 Exemplo 2: Aplicação de Bernoulli

Exemplo Prático

Problema: Um reservatório grande tem água até uma altura de 5 m. No fundo do reservatório há um orifício pequeno. Determine a velocidade de saída da água pelo orifício. (Considere a pressão atmosférica constante)

Resolução:

Dados:

- Altura da coluna de água: $h = 5 \text{ m}$
- Velocidade na superfície: $v_1 \approx 0$ (reservatório grande)
- Pressão na superfície = Pressão no orifício = P_{atm}

Aplicação de Bernoulli entre a superfície (1) e o orifício (2):

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (6)$$

Simplificações:

- $P_1 = P_2 = P_{atm}$ (ambos expostos à atmosfera)
- $v_1 \approx 0$ (reservatório grande)
- $h_1 - h_2 = h = 5 \text{ m}$

Substituindo:

$$P_{atm} + 0 + \rho g h = P_{atm} + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + 0 \quad (7)$$

$$\rho g h = \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (8)$$

$$g h = \frac{1}{2}v_2^2 \quad (9)$$

$$v_2^2 = 2gh \quad (10)$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 5} \quad (11)$$

$$v_2 = \sqrt{98} = 9.9 \text{ m/s} \quad (12)$$

Resposta: A velocidade de saída é aproximadamente 9.9 m/s.

Nota: Esta é a famosa **fórmula de Torricelli**: $v = \sqrt{2gh}$